

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta Strojní

Katedra energetiky, provoz energetických zařízení

Návrh vzduchotechnické jednotky sportovní haly

Design of the Air Handling Unit of the Sports
Hall

Student :

Ondřej Hampel

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Kadlec, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Hampel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Návrh vzduchotechnické jednotky sportovní haly**
Design of the Air Handling Unit of the Sports Hall
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popis řešení vzduchotechniky u průmyslových objektů a rodinné zástavby.
2. U vybraného objektu proveďte výpočet výměny vzduchu a tlakové ztráty vzduchotechniky.
3. Porovnejte deskový a rotační výměník pro daný objekt a zvolte nejvhodnější variantu.
4. Nakreslete sestavný výkres vzduchotechniky daného objektu.


Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] CHYSKÝ, Jaroslav, HEMZAL Karel. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela přepracované. Brno: BOLIT-B Press, 1993. Česká matice technická, č. spisu 457, roč. 48 (1993). ISBN 80-901574-0-8.
[2] CIHELKA, Jaromír. Vytápění, větrání a klimatizace. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985.
[3] Příslušné sbírky zákonů a vyhlášek.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Kadlec, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018
Datum odevzdání: 20.05.2019


doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje o technických parametrech vozidla získaných od firmy Krach s. r. o., Olomouc, firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 5.5.2019



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 5.5.2019



.....

Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Ondřej Hampel

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Viléma Balarina 1959/6

Hlučín, 748 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hampel, O. *Návrh vzduchotechnické jednotky sportovní haly*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní. Katedra energetiky. 2018.

Vedoucí bakalářské práce : doc. Ing. Zdeněk Kadlec, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem vzduchotechnické jednotky pro sportovní halu. V úvodní části jsou popsány a rozebrány nejčastěji používané součásti ve vzduchotechnice a také normy a předpisy, které je potřeba dodržet při návrhu. V další části je proveden výpočet a srovnání účinností navrhovaných jednotek.

Hampel, O. *Design of air-conditioning unit of sports hall*: bachelor thesis. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering. Department of Power Engineering. 2018.

Supervisor: doc. Ing. Zdeněk Kadlec, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the design of the ventilation unit for the sports hall. In the introductory part are described and analyzed the most frequently used components in air-conditioning and also the standards and regulations that need to be observed in the design. In the next part, the calculation and comparison of the efficiency of the proposed units is performed.

Obsah

1.	Základní popis vzduchotechnické jednotky :.....	7
1.1.	Ventilátory	7
1.2.	Filtry.....	8
1.3.	Rekuperátor (Zpětné získávání tepla)	9
1.3.1.	Rekuperační	10
1.3.2.	Regenerační	11
1.3.3.	Směšovací	12
1.4.	Ohřívač.....	13
1.4.1.	Vodní ohřívač	13
1.4.2.	Elektrický ohřívač	14
1.5.	Chladiče	15
1.6.	Klapky.....	15
1.8.	Vzduchotechnické potrubí	21
1.9.	Servopohony	23
1.10.	Čidla.....	24
1.11.	Měření a regulace (MaR)	27
2.	Zákony a nařízení Evropské Unie v rámci větrání a klimatizace budov	27
2.1.	Nařízení Evropské Unie	27
2.1.	Při návrhu vzduchotechnického systému pro větrání, klimatizaci je třeba dbát na základní platné české normy, směrnice a následující předpisy:.....	29
3.	Praktická část.....	30
3.1.	Technická zpráva	30
3.2.	Vstupní údaje	30
2.1.1.	Výpočtové stavy vnitřního vzduchu pro dimenzování VZT zařízení:.....	30
2.1.2.	Dimenzování VZT zařízení z hlediska minimální výměny čerstvého vzduchu:	30
3.3.	Výpočet množství vzduchu	31
3.4.	Celkové potřebné množství tepla:.....	32
3.5.	Tlaková ztráta	32
3.6.	Orientační výpočet plochy výměníku	33

4.	Porovnání a výběr jednotky	35
4.1.	Porovnání potřebného množství tepla pro vodní ohřev	36
4.2.	Porovnání zpětného získání tepla z odpadního vzduchu	37
4.3.	Celkové porovnání parametrů jednotek	39
5.	Požadavky na připravenost stavby	39
5.1.	Stavební část	39
5.2.	Elektroinstalace	40
5.3.	Protipožární opatření	40
5.4.	Intenzita hluku, protihluková a proti-vibrační opatření	40
5.5.	Pokyny pro montáž	40
6.	Závěr bakalářské práce	41
7.	Poděkování	41
8.	Seznam použité literatury	42
9.	Seznam obrázků	44
10.	Seznam tabulek	45
11.	Seznam příloh	46

1. Základní popis vzduchotechnické jednotky :

VZT jednotka je soubor sestavených z takzvaných komorových modulů, nebo komor, které lze uspořádat dle požadovaných parametrů.

Základními prvky vzduchotechnické sestavy jsou ventilátory, rekuperátor, filtry, ohřivače, chladiče, klapky a řídicí systém.

1.1. Ventilátory

Ventilátor je zařízení sloužící k dopravě vzduchu do větraného prostoru. Jedná se o rotační stroj s velice vysokým rozsahem použití. Hlavními parametry ventilátoru je celkový dopravní tlak, objemové množství vzduchu a příkon.

Objemové množství vzduchu je množství vzduchu, které je ventilátor schopen dopravit (od 100 m³/h po 84 000 m³/h)

Ventilátor musí zajistit průtok vzduchu v rozvodné síti. Pro překonání tlakové ztráty slouží statická složka tlaku.

Ventilátory lze obecně rozdělit podle směru proudění vzduchu

- Radiální (nizkotlaké, středotlaké, vysokotlaké)
- Axiální (rovnotlaké, přetlakové)
- Diagonální
- Diametrální

Další možná rozdělení

dle typu pohonu :

- na přímo
- spojkou
- na řemen

V rámci snižování spotřeby el. energie se dnes stále častěji využívají ventilátory s EC motory, které mají při regulaci otáček až o 60% nižší energetickou náročnost než dříve užívané AC motory.

podle použití :

- bytové ventilátory
- potrubní ventilátory
- nástřešní ventilátory
- ventilátory pro odvod kouře nebo spalin
- ventilátory do agresivního prostředí
- ventilátory do výbušného prostředí

1.2. Filtry

Ve vzduchu jsou obsaženy znečištěné látky, které mohou být ve všech skupenstvích. Úkolem filtrů je zachycení těchto látek ať už v přiváděném vzduchu nebo v odváděném vzduchu. Do poloviny roku 2018 se filtry rozdělovali dle ČSN 779: 2012, od července 2018 se používá norma ISO 16890, která rozděluje filtry do čtyř kategorií.



Obr. 1 Časové rozdělení označení filtrů ISO 16890



Obr. 1 Třídy filtrů

1.3. Rekuperátor (Zpětné získávání tepla)

Pojem zpětné získávání tepla je dnes často skloňovaným výrazem. Rekuperátor je zařízení pro zpětné získávání tepla z odvodního vzduchu. Materiál rekuperátorů ve vzduchotechnice bývá nejčastěji hliník, nerezový plech, plast.

VÝHODY REKUPERACE VZDUCHU

- Nejčastěji deklarovanou výhodou větracích systémů s rekuperací tepla je vysoká kvalita vzduchu (díky filtrům) v obytných místnostech, což ocení především astmatici a alergici. Díky jednotce je do místnosti přiváděn stále čerstvý, ohřátý vzduch, který je zbaven všech škodlivin, hmyzu, prachu a jiných nečistot.
- Při využití odpadního tepla z odvodního vzduchu lze dosáhnout snížení tepelné ztráty větráním. Toto především pocítí provozovatelé na provozních nákladech v rámci potřebného zdroje tepla o cca 75%.
- Odvod vlhkosti je velmi důležitá pro každé větrání. Neodvětraná vlhkost může být nejen nepříjemná, ale i zdraví škodlivá. V tomto případě může být nucené větrání s rekuperací vhodným způsobem řešení. Rekuperační jednotka udržuje stabilní hodnotu vlhkosti. Problematiku vlhkosti lze řešit nejenom v novostavbách, ale také ve starších domech, které prošly rekonstrukcí.

NEVÝHODY REKUPERACE VZDUCHU

Hlavní nevýhodou rekuperace vzduchu je cena. I v případě větrání třípokojového vzduchu se bavíme o 600 – 1200 Kč/m². I když trh nabízí levnější varianty, je potřeba prověřit, co vše je v ceně zahrnuto.

Nutno počítat, že levnější varianty dosahují nižší účinnosti rekuperace tepla.

Další „nevýhodou,, je nutnost brát v potaz už při samotné stavbě domu anebo jeho rekonstrukci, aby nedošlo ke kolizi jak už v dalších rozvodech, nebo v dalším odvětrání (např. digestoř, odtah krbu).

Obecně leze říci, že se výměníky dělí do tří skupin.

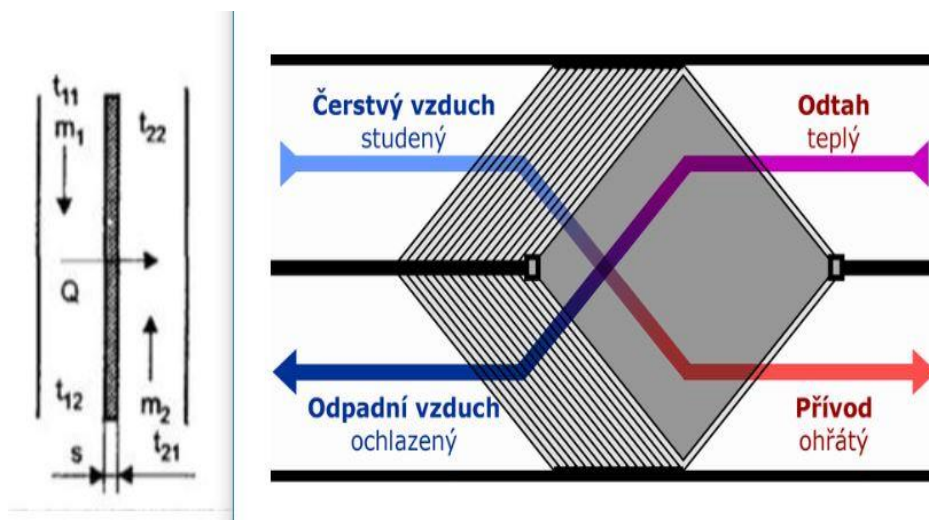
1.3.1. Rekuperační

Zpětné získávání tepla je založeno na předávání tepla z odsávaného vzduchu přiváděnému vzduchu přes určité zařízení. Nejčastěji jsou využívány deskové rekuperační výměníky.

Konstrukce dnešních výměníků se změnila z dřívějších čtvercových na šestihranné.

Změna konstrukce zvedla účinnost z 50-60% na 80-90%.

Díky jednoduché výrobě a malým nákladům se jedná o nejpoužívanější rekuperátory současnosti. Další výhodou je zcela oddělený přívodní vzduch od odpadního vzduchu.

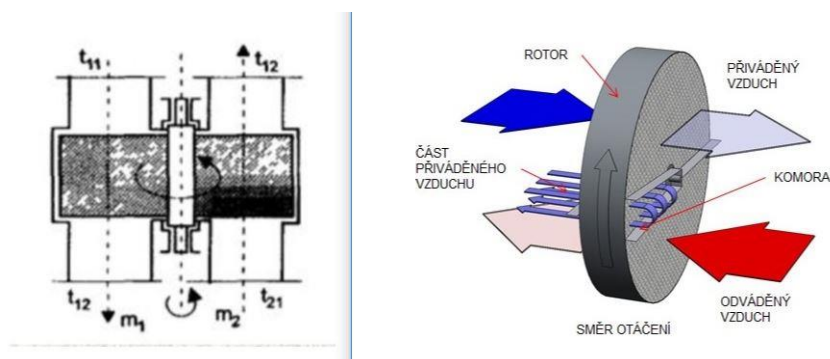


Obr. 2 Schéma rekuperačního výměníku

Nevýhodou ovšem je tvorba kondenzátu, která není nezanedbatelná a je tedy potřeba zajistit odvod kondenzátu se zaústěním do odpadu přes zápachovou uzávěrku.

1.3.2. Regenerační – Zpětné získávání je založeno na přenosu tepelné energie do druhého média pomocí akumulární hmoty. Základní dělení regeneračních rotačních výměníků je dle typu rotoru :

- Nehygroskopické – pouze přenos tepla (mokrý provoz, průmysl)
- Hygroskopické – opatřen speciální vrstvou, která umožňuje přenos vlhkosti s účinností až 90%. Dále dělíme na entalpické a sorpční.
- Epoxidový rotor – pro použití do agresivního prostředí (bazény, přímořská oblast, galvanovny)

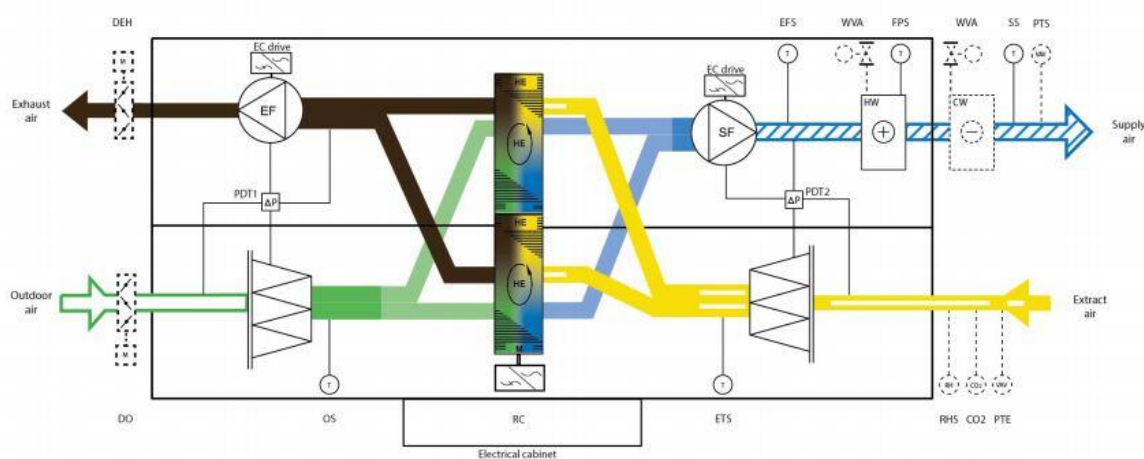


Obr. 3 Schéma regeneračního výměníku

1.3.2.1. Rotační regenerační výměník

Rotační regenerační výměník pracuje na principu akumulace energie (tepla, vlhkosti) z proudu odváděného vzduchu do hmoty rotoru a díky otáčení předává tuto energii přiváděnému vzduchu. Jeho nejdůležitější částí je rotor. Nejpoužívanějším materiálem po dlouhá léta zůstává hliník tl. 0,06-0,1 mm. Nejčastěji používaná šíře rotoru je 200mm, pro silně znečištěný vzduch 250mm.

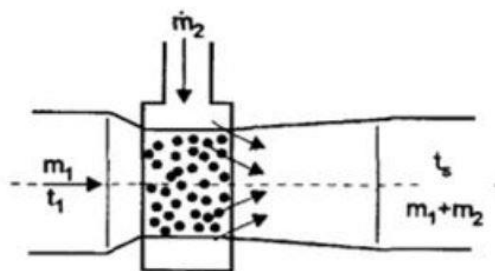
V rámci konstrukčních, přepravy, prostorových možností mohou být rotory v děleném provedení. Od průměru 1m a 12 dílů.



Obr. 4 Schéma dvojitého rotačního výměníku

1.3.3. Směšovací

Obě média, ohříváné i ohřívající ve výměníku vytvářejí směs. Teplosměnná plocha je dána např. povrchem kapek vody. Ve vzduchotechnice se tento systém nevyužívá.



Obr. 5 Schéma směšovacího výměníku

Obecně se dá říci, že v rámci profese vzduchotechniky se používají regenerační a rekuperační výměníky.

1.4. Ohřívač

Ohřívače slouží k dohřátí vzduchu na požadovanou teplotu. Vnější plášť je vyroben z galvanicky pozinkovaného plechu. Sběrače jsou svařeny z ocelových trubek a povrchově upraveny syntetickou barvou.

Obecně se ohřívače rozdělují do dvou skupin, dle způsobu ohřevu vzduchu:

1.4.1. Vodní ohřívač

Teplovodní ohřívače jsou určeny pro ohřev vzduchu jak v jednoduchých vzduchotechnických systémech tak i ve složitých vzduchotechnických systémech. V případě, že je ohřívač montován do vzduchotechnického potrubí, je potřeba před něj umístit filtr vzduchu, aby se nedošlo k jeho zanesení. Následně je zapotřebí zajistit jeho odvětrání (nejčastěji řešeno automatickým ventilem) a protinámrazovou ochranu. Tu tvoří celý soubor opatření zamezující zamrznutí ohřívače (teplotní čidla, MaR, Klapky přívodního vzduchu ovládané servopohony s havarijní funkcí, směšovací uzel). Ohřívač je možné instalovat před nebo za ventilátor.

V případě použití kompaktní jednotky je ohřívač součástí celé jednotky a jeho ovládání si jednotka řídí dle své řídicí jednotky.



Obr. 6 Vodní ohřívač vzduchu

1.4.2. Elektrický ohřívač

Elektrický ohřívač je stejný prvek jako vodní ohřívač, jen s rozdílem ohřívajícího systému.

Topné tyče jsou vyrobeny z nerezové oceli.



Obr. 7 Elektrický ohřívač vzduchu

1.5. Chladiče

Chladiče vzduchu jsou určeny pro ochlazení přívodního vzduchu. Jsou konstruovány pro přímou montáž do vzduchotechnického potrubí.

Obecně se dá říci, že chladiče dělíme do dvou skupin – vodní a přímé.

1.5.1. Vodní

– jako chladicí médium je voda. Nejčastější teplotní spád na straně vody je $+6\text{ °C}$ / $+12\text{ °C}$. Vodní chladič se umísťuje do temperovaných prostor, kvůli eliminaci zamrznutí vody.

1.5.2. Přímé

– k jejich používání je zapotřebí kromě jiného také venkovní člen chladičem (R410A, R32 ...) Tyto přímé chladiče mají vyšší účinnost než vodní, jsou ale také mnohem dražší než vodní.

Při vyšších rychlostech (nad 2,5 m/s) proudu vzduchu je potřeba brát v potaz možnost úletu kapek vody a je potřeba připojit ještě eliminátor kapek.

1.6. Klapky

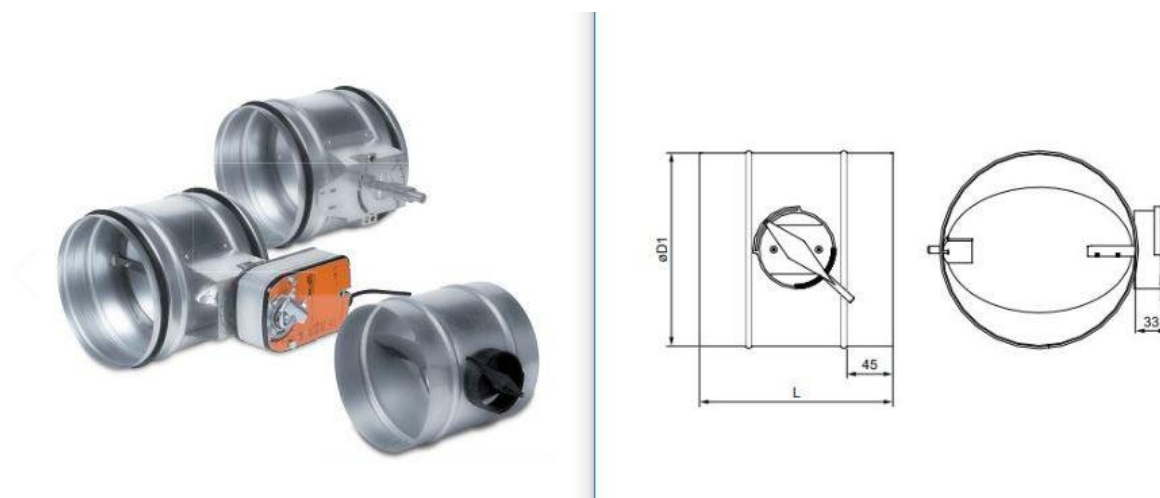
Základní rozdělení klapek:

- Regulační
- Uzavírací
- Požární
- Přetlakové

1.6.1. Regulační klapky

Slouží k regulaci množství dopravovaného vzduchu v dané větvi vzduchotechniky.

Klapky mohou být opatřeny ručním ovládáním pro nastavení polohy listu do určené polohy, nebo mohou být ovládány servopohonem. Maximální teplota vzduchu v potrubí je 80 °C pro regulační klapku ovládanou ručně a 100 °C pro regulační klapku ovládanou servopohonem. Maximální tlak v potrubí je 500 Pa pro klapku s ručním ovládáním a pro klapku se servopohonem 1000 Pa. Standartně se klapky vyrábí z pozinkovaného plechu. Maximální rychlost proudění vzduchu je do 20 m/s.



Obr. 8 Regulační klapky

1.6.2. Uzavírací klapky

Uzavírací klapky chrání vodní ohřívače před zamrznutím a také brání proudění studeného vzduchu do budovy v případě, že je jednotka (ventilátor) vypnutá. Ovládání těchto klapek je výhradně servopohonem. Dnešní uzavírací klapky jsou také vybaveny havarijní pružinou, která v případě výpadku el. proudu klapku mechanicky uzavře.



Obr. 9 Uzavírací klapky

1.6.3. Požární klapky

Požární klapka je požárně vzduchotechnický uzávěr potrubí vyroben tak, aby zamezil šíření plamenů, tepla a kouře. Pasivní těsnost je zajištěna gumovým těsněním po obvodu listu. Klapka se spouští na základě mechanického, teplotního nebo elektrického impulzu.

Požární klapky podléhají pravidelným kontrolám (min. 1x/rok).



Obr. 10 Požární klapky

1.6.4. Přetlakové klapky

Mechanická přetlaková klapka slouží pro automatické otevření při daném přetlaku. Klapka umožňuje prostup vzduchu z prostor s vyšším tlakem do prostorů s nižším tlakem nebo do volného prostoru. Pro správnou funkci musí být klapka používána vždy s ventilátorem.

Nejčastěji se přetlakové klapky používají v prádelnách, farmaceutických laboratořích, operačních sálech, chemických laboratořích a také pro natlakování únikových cest.



Obr. 11 Přetlaková klapka

1.7. Tlumič hluku

Tlumiče hluku se používají všude, kde je provozní látka vzduch o běžných parametrech. Standardně se vyrábějí z pozinkovaného plechu. Samozřejmě lze vyrobit i tlumič hluku atypických rozměrů.



Obr. 12 Kruhový tlumič hluku do kruhového potrubí

Tlumiče hluku se vyrábějí také v provedení s děrovaným plechem, v hygienickém prostředí, v kaširovaném provedení.

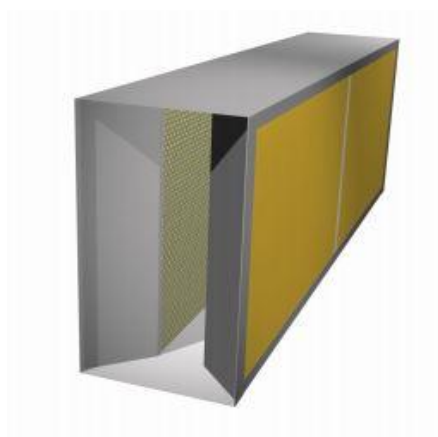
Také je možné tlumit hluk pro spalínovody a kouřovody. Standartní provedení je z černé oceli s vnitřní pohltivou vestavbou, balenou v tepelně odolných tkaninách a krytou od proudu spalin nebo kouře.

1.7.1. Buňkové tlumiče hluku

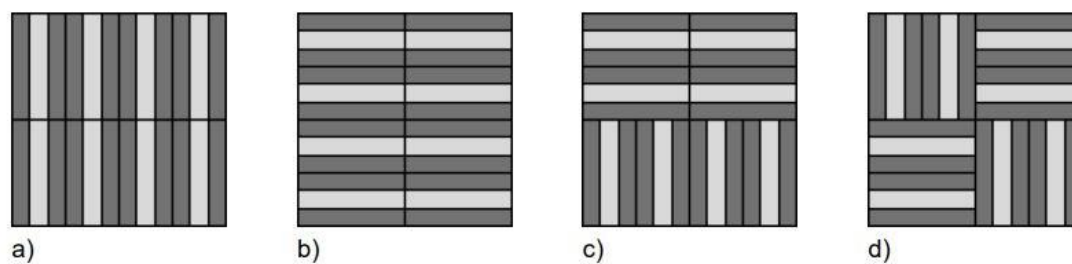
Kostra je vyrobena z pozink. plechu. Vložená absorbční výplň je z nehořlavého, zvukově pohltivého materiálu, vzduchotěsně zavařená v plastové fólii a oddělená od prodícího vzduchu děrovaným plechem.

Mezi hlavní přednosti patří váha a cena.

Rozložení buněk v tlumiči ovlivňuje útlum hluku a životnost jednotlivých elementů. Proto je důležité tlumiče hluku uvnitř potrubí správně uspořádat.



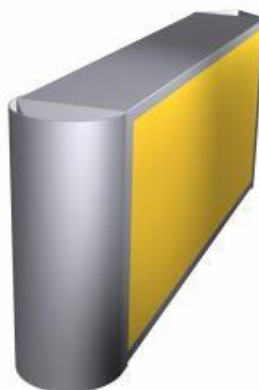
Obr. 13 Buňkový tlumič hluku



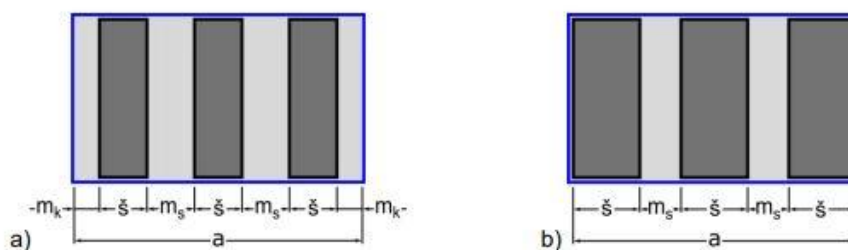
Obr. 14 Správné uspořádání buňkových tlumičů hluku v potrubí

1.7.2. Kulisový tlumič hluku

Mezi hlavní přednosti patří jednoduchá konstrukce, kterou lze rozměrově uzpůsobit dle požadavků stavby.



Obr. 15 Kulisový tlumič hluku



- a) Doporučené uspořádání pro většinu sestav ($m_s \geq 100 \text{ mm}$; $m_k = m_s / 2$).
 b) Doporučené uspořádání pro úzké mezery ($m_s < 100 \text{ mm}$).

Obr. 16 Doporučené uspořádání kulis v potrubí

1.8. Vzduchotechnické potrubí

Vzduchotechnické potrubí se rozděluje do tří skupin :

- Skupina I
- Skupina II
- Skupina III

1.8.1. Skupina I :

Vzduchotechnické potrubí skupiny I se používají pro klimatizaci a větrání.

Používá se pro odsávání vzduchu bez mechanický příměsí do teploty cca +100 °C.

Potrubí se vyrábí v dílech z oboustranně pozinkovaného plechu s vrstvou pozinkování 275 g/m².

Maximální dovolený statický tlak rozdíl je od -630 Pa do +1000 Pa, popřípadě v zesíleném provedení od -1000 Pa do + 2500 Pa.

Maximální dovolená rychlost vzduchu je stanovena na 12 m/s.

Skupina I	
Rozměr potrubí od od-do	Tloušťka stěny minimální
80-400	0,6
450-1600	0,8
1800-2000	1,3

Tab. 1 Tloušťka stěn VZT potrubí skupiny I

1.8.2. Skupina II

Vzduchotechnické potrubí skupiny II se používá především v průmyslu pro odvod prachu a materiálu s malou abrazí, do teploty +300 °C.

Maximální podtlak nebo přetlak do 6000 Pa.

Např.:

- Dřevoobráběcí stoje/dílny
- Textilní provozy
- Zemědělské provozy

Skupina II	
Rozměr potrubí od od-do	Tloušťka stěny minimální
80-400	1,0
450-1000	1,5
1120-2000	2,0
2240-2500	2,5

Tab. 2 Tloušťky stěn VZT potrubí skupiny II

1.8.3. Skupina III

Vzduchotechnické potrubí skupiny III se používá především v těžkých provozech pro odvod abrazivního prachu, do teploty +350 °C.

Maximální podtlak nebo přetlak do 6000 Pa.

Např.:

- Slévárny
- Hutě
- Cementárny
- Energetické závody

Skupina III	
Rozměr potrubí od od-do	Tloušťka stěny minimální
125-200	2,0
225-1120	3,0
1250-2500	4,0

Tab. 3 Tloušťka stěn VZT potrubí skupiny III

1.9. Servopohony

Servopohon představuje systém přeměny el. energie na mechanickou. Elektrický servopohon je regulační systém, sestávající z jednoho nebo více el. motorů, napájecích výkonových měničů a řídicích a regulačních obvodů.

Napájecí napětí : 220 - 240V ~ $\pm 10\%$,50...60 Hz

24V ~ $\pm 20\%$,50...60 Hz

Rozsah krouticího momentu : 4 až 30 Nm



Obr. 17 Servopohon pro ovládání vzduchotechnických prvků

Hlavní požadavky na servopohony ve vzduchotechnice jsou jejich regulační parametry.

Hlavní rozdělení servopohonů pro vzduchotechniku lze rozdělit do dvou skupin :

- Regulační

Regulační servopohony ovládají osu rotace listu klapky a tím mění na základě el. impulzu z řídicí jednotky na změnu průtoku vzduchu v dané větvi potrubí dle požadavku.

- Uzavírací

Tento druh servopohonu se používá pro uzavření části vzduchotechnického potrubí, obsahující uzavírací, nebo protipožární klapky.

Pohon unáší klapku za současného natahování zpětné pružiny do provozní polohy. Při přerušení napájecího proudu se klapka vrátí do uzavřené polohy.

1.10. Čidla

Čidla ve vzduchotechnice plní důležitou roli. Na základě informací od čidel se ovládá celý systém vzduchotechnické jednotky.

Ve vzduchotechnice primárně používáme čidla k měření těchto parametrů :

- Vlhkost
- Teplota
- Koncentrace CO₂
- Tlak
- Pohyb

1.10.1. Měření vlhkosti

K měření vlhkosti v místnosti se používá vlhkostní čidlo (hygrostat). Základ vlhkostního čidla tvoří lidský vlas, který se prodlužuje se zvyšující vlhkostí a zkracuje při snižující se vlhkosti. Na základě této informace se spouští samostatný ventilátor pro odvod vzduchu z větraných místností, nebo kompaktní rekuperační jednotka.

Vlhkostní čidlo se používá nejčastěji v prostorách umývár, bazénů, a sprch.

1.10.2. Teplota

K měření teploty přiváděného vzduchu můžeme přistoupit dvěma způsoby.

Uvnitř vzduchotechnického potrubí

Můžeme měřit teplotu vzduchu uvnitř vzduchotechnického potrubí pomocí kapilárového termostatu, nebo kanálového teplotního čidla. Tyto čidla spínají/vypínají nebo regulují ohřívací člen vzduchotechnické jednotky.



Obr. 18 Teplotní čidlo v provedení instalace do potrubí

Ve větracím prostoru vzduchotechnické jednotky

Čidla snímají prostorovou teplotu ve větraných prostorách a na základě jejich výstupu dochází k dohřevu, nebo vypnutí, nebo snížení výkonu, ohřívacího členu ať už samostatného nebo uloženého v kompaktní jednotce. Jejich umístění bývá nejčastěji v nejvíce používané místnosti, umístěny na zdi zpravidla 1,5m nad podlahou.

Příkladem teplotního čidla určeného pro nástěnnou montáž je čidlo : TG-R5/NTC10-01, SAVE control, od společnosti SYSTEMAIR.



Obr. 19 Teplotní čidlo v nástěnném provedení

1.10.3. Koncentrace CO/CO₂

Měření koncentrace CO/CO₂ se provádí na principu závislosti útlumu infračerveného záření na koncentraci CO/CO₂ ve vzduchu. (Metoda, kdy se v měřicí komůrce měří koncentrace určitého plynu elektro-opticky na základě jeho absorpce infračerveného záření o určité vlnové délce). Tato čidla se používají v prostorách kanceláří, učeben, obchodních center, restauracích a dalších různých komerčních objektech.

1.10.4. Tlakové čidlo

Tlakové diferenciální čidlo se používá pro snímání rozdílu tlaku ve vzduchotechnickém potrubí, např. pro snímání rozdílu tlaku před a za vzduchovým filtrem, které následně určí jeho zanesení a potřebu výměny. Také lze tyto čidla použít při větrání místností, u kterých je nutné zajistit přetlakové větrání (rozdíl tlaků mezi větranou místností a jinou místností, nebo mezi větranou místností a okolím) např. v laboratořích, nebo operačních sálech.

Pohybové čidlo

Čidlo pohybu je pasivní infračervený snímač, který na základě pohybu v místnosti spouští samostatný ventilátor, nebo vzduchotechnickou jednotku.

1.11. Měření a regulace (MaR)

Měření a regulace se vzhledem ke stále se zvyšujícím nárokům na snižování energetické potřeby budov stává nedílnou součástí při navrhování a provozování nejen vzduchotechnických, ale i otopných soustav.

Cílem je sladit potřebné funkce různých dalších technologií do jednoho celku, aby vše fungovalo neoptimálněji. MaR zajišťuje, aby bylo vše připraveno v tu správnou dobu s důrazem na snížení provozních nákladů. V dnešních instalacích MaR je běžné monitorovat a řídit tyto systémy přes internet, tablet nebo mobilní telefon.

Není již žádnou výjimkou, že se tyto systémy instalují do domácností. Důvodem tohoto rozšíření je zvýšení komfortu, přijatelná cena a hlavně snížení provozních nákladů.

2. Zákony a nařízení Evropské Unie v rámci větrání a klimatizace budov

2.1. Nařízení Evropské Unie

V rámci nařízení Evropské komise č. 1253/2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES Ecodesign jsou minimální požadavky na vzduchotechnické jednotky kladeny tyto minimální požadavky :

- 1) Vícerychlostní ventilátory (3+0) nebo ventilátory s plynule ovládanými otáčkami (např.: IE2 motor + frekvenční měnič, EC motor, PM motor + frekvenční měnič)
- 2) Jednotky přivádějící a odvádějící vzduch musí mít systém zpětného získávání tepla
- 3) Systém ZZT musí mít tepelný obtok, resp. Plynulou regulaci výkonu
- 4) Suchá účinnost rekuperačních výměníků tepla $\eta_{tjednotky} \geq 73\%$
- 5) Interní SFP faktor jednotky $SFP_{int_jednotky}$ musí být menší než maximálně dovolený SFP_{int_lim}

2.1.1. Suchá rekuperace dle EN 13053 a EN 308

Vzorec je omezen na takzvanou suchou rekuperaci s celkovým rozdílem mezi teplotou odváděného vzduchu a teplotou venkovního vzduchu 20 K a počítá se stejnými průtoky přiváděného a odváděného vzduchu, a také ukládá minimální hodnoty účinností rekuperace tepla. Od prvního ledna 2016 je minimální účinnost 63 % pro glykolové systémy ZZT a 67% pro jiné systémy (směšovací komora není považována za systém pro rekuperaci energie).

2.1.2. Parametr SFP

Měrný příkon ventilátoru (SFP) je užitečným parametrem pro kvantifikaci energetické účinnosti systémů zajišťujících pohyb vzduchu ventilátory. SFP je ukazatelem elektrické energie potřebné pro pohon ventilátorů, která je vztažena na množství proudícího vzduchu⁵. Není konstantní, ale mění se jak s průtokem vzduchu, tak s dopravním tlakem ventilátorů.

SFP pro daný systém a pracovní bod se stanoví následovně:

$$SFP = \frac{\Sigma P}{q_v} = [kWh/m^3 \cdot s^{-1}] \quad (1)$$

kde je

ΣP – součet příkonů všech ventilátorů [kW]

q_v – celkové množství proudícího vzduchu⁵ [m³/s]

Pro podtlakové či přetlakové systémy je q_v větší z hodnot přiváděného a odváděného množství vzduchu. SFP je podrobněji definován v Příloze D normy EN 13779.

SFP lze vyjádřit v následujících ekvivalentních jednotkách:

$$[SFP] = \frac{kW}{m^3 \cdot s^{-1}} = \frac{W}{l \cdot s^{-1}} = \frac{kJ}{m^3} = kPa \quad (2)$$

2.1. Při návrhu vzduchotechnického systému pro větrání, klimatizaci je třeba dbát na základní platné české normy, směrnice a následující předpisy:

- Sbírka zákonů č.361/2007 Sb Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění novely č.68/2010 a novely 93/2012
- Sbírka zákonů č.272/2011 Sb Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- ČSN 730802 „Požární bezpečnost staveb“
- ČSN 730872 „Ochrana staveb proti požáru vzduchotechnickým zařízením“
- ČSN 734108 „Šatny, umývárny, záchody“
- ČSN 127010 „Navrhování větracích a klimatizačních zařízení“

3. Praktická část

3.1. Technická zpráva

Zařízení bude tvořeno rekuperační jednotkou s rotačním rekuperátorem, která bude umístěna v technické místnosti v 2.NP. V jednotce bude vzduch filtrován, v zimním období ohříván na +22 °C a potrubním rozvodem přiváděn do prostoru tělocvičny.

Přívodní potrubí bude osazeno dýzami s dlouhým dosahem vzduchu, aby došlo k maximálnímu provětrání haly. Přívodní potrubí bude vedeno do prostoru 3.NP, kde bude docházet k distribuci vzduchu do prostor haly. Odvod vzduchu bude rovněž z 3.NP potrubím zpět do technické místnosti do jednotky, kde dojde k rekuperaci. Nasávání čerstvého vzduchu bude přes fasádu budovy a odvod odpadního vzduchu bude skrz střešní plášť do venkovního prostoru. Ohřev vzduchu bude teplovodním ohřívačem.

Jednotka bude vybavena systémem měření a regulace, který zajistí ovládání jednotky, plynulou regulaci teploty přiváděného vzduchu, plynulou regulaci otáček ventilátorů, takže bude odebírat pouze nezbytně nutné množství energie, signalizaci provozních stavů a ochranu proti zamrznutí ohřívače.

Pro snížení hluku šířeného potrubím na stanovenou mez budou v potrubí osazeny tlumiče hluku. Jednotka bude vybavena komunikačním rozhraním MODBUS TCP/IP pro možnost monitoringu z nadřazeného systému MaR.

3.2. Vstupní údaje

2.1.1. Výpočtové stavy vnitřního vzduchu pro dimenzování VZT zařízení:

zima – *min.* 18°C

léto – *max.* 26°C

2.1.2. Dimenzování VZT zařízení z hlediska minimální výměny čerstvého vzduchu:

WC $50 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$

Umývadlo	$30 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$
Sprcha	$150 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$
Pisoár	$25 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$
Šatní skříňka	$20 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$

3.3. Výpočet množství vzduchu

Návrh vzduchotechnické jednotky vychází z výpočtu minimálního potřebného množství vzduchu. V tělocvičně bude současně provozovat aktivity max. 25 osob. Množství přiváděného čerstvého vzduchu bude $80 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu, což představuje $2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ přiváděného vzduchu. V některých případech budou přítomni i diváci v maximálním počtu 65 osob. Množství přiváděného čerstvého vzduchu bude $25 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu, což představuje $1\,625 \text{ m}^3/\text{h}$. Celkové množství vzduchu bude $3\,625 \text{ m}^3/\text{h}$.

Sportovci:

$$Q_{v_s} = \text{počet sportovců} \cdot \text{množství vzduchu} = 25 \cdot 80 = 2000 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3)$$

Diváci:

$$Q_{v_d} = \text{počet diváků} \cdot \text{množství vzduchu} = 65 \cdot 25 = 1625 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4)$$

Celkové minimální množství přiváděného vzduchu:

$$Q_{př} = \sum Q_{v_s} + Q_{v_d} = 2000 + 1625 = 3625 \text{ m}^3/\text{h} \quad (5)$$

Potřebné množství odvodního vzduchu vypočítáme jako přírodní vzduch, vynásobený o koeficient, abychom zajistili mírný podtlak.

$$Q_{vod} = Q_{př} \cdot k = 3625 \cdot 1,1 = 3987,5 \, m^3 \cdot h^{-1} \cong 4000 \, m^3 \cdot h^{-1} \quad (6)$$

Odvod vzduchu zaokrouhlíme na 4000 m³/h.

3.4. Celkové potřebné množství tepla:

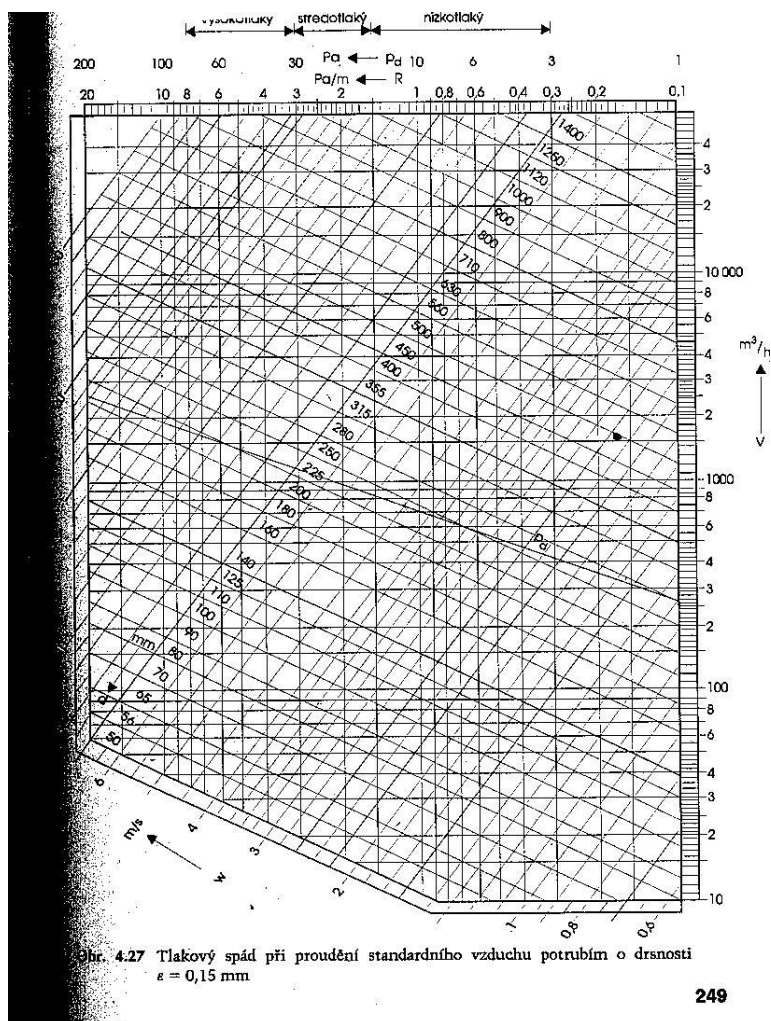
$$Q = qv \cdot 1,01 \cdot 1,2 \cdot \Delta t = 1,0069 \cdot 1,01 \cdot 1,2 \cdot (|-15| + 22) = 45,15 \, kW \quad (7)$$

3.5. Tlaková ztráta

Do celkové tlakové ztráty na přívodním potrubí je nutné započítat všechny části vzduchotechnického potrubí. Dle tabulek výrobců, množství vzduchu a jeho rychlosti v potrubí jsou tlakové ztráty stanoveny na tyto hodnoty:

- Tlumič hluku – 40 Pa
- Ztráta třením – 33 Pa (při drsnosti 1,2 mm)
- Ztráta místního odporu v kolenou a oblouků (12 Pa)
- Dýzy dalekého dosahu (37 Pa)
- Rezerva (40 Pa)

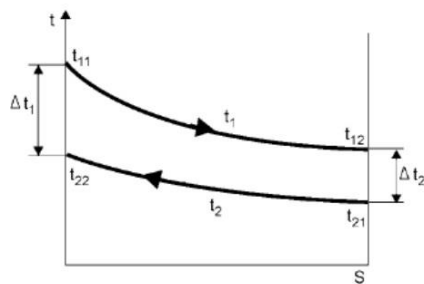
$$\Sigma \Delta p = 2 \cdot 40 + 5 \cdot 37 + 12 + 33 + 40 = 350 \, Pa \quad (8)$$



Obr. 20 Tlaková ztráta třením kruhovém potrubí

3.6. Orientační výpočet plochy výměníku

Výpočet plochy výměníku provedu orientačně, pro určení přibližné potřebné plochy pro výměnu tepla.



Obr. 21 Schéma protiproudého výměníku

$$Qv = 1,006 \, m^3 \cdot s^{-1}$$

$$Cp = 1005 \, J \cdot Kg \cdot K^{-1}$$

$$\kappa = 1,4 \, [-]$$

$$r = 287 \, J \cdot Kg \cdot K^{-1}$$

$$\rho = 1,293 \, Kg \cdot m^{-3}$$

$$K = 204 \, W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \text{ (zvoleno)}$$

$$t'_1 = 20 \, ^\circ C$$

$$t''_1 = -5,1 \, ^\circ C$$

$$t'_2 = -5,1 \, ^\circ C$$

$$t''_2 = 20 \, ^\circ C$$

Teploty jsou zjištěny z orientačního ze softwarového výpočtu před a za výměníkem.

Výpočet střední teploty:

$$\Delta t_{stř} = \frac{\Delta t' - \Delta t''}{\ln \frac{\Delta t'}{\Delta t''}} = \frac{(20+5) - (-5,1+15)}{\ln \frac{20+5,1}{-5,1+15}} = \frac{14,9-9,9}{\ln \frac{14,9}{9,9}} = 12,23 \, ^\circ C \quad (9)$$

Výpočet plochy výměníku:

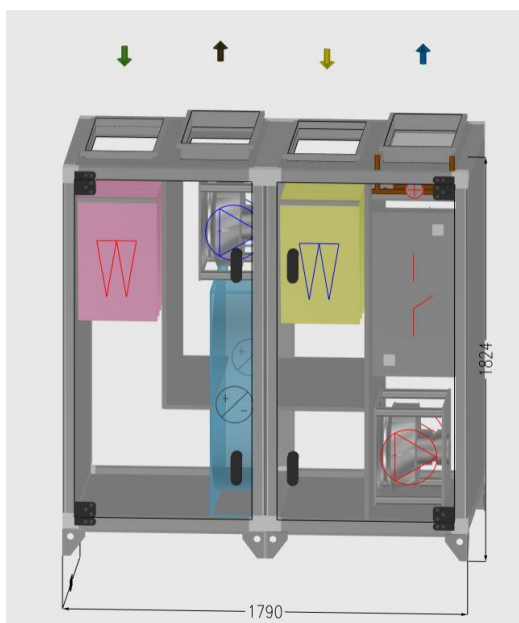
$$Q = k \cdot S \cdot \Delta t_{stř} \Rightarrow S = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{stř}} = \frac{45000}{204 \cdot 12,23} = 18,03 m^2 \quad (10)$$

Tento orientační výpočet nám řekl, že v případě použití „obyčejného“ tepelného výměníku budeme potřebovat opravdu značně velkou plochu pro výměnu tepla. I v případě použití hliníkových tabulí o rozměru 0,8 x 1 m bychom potřebovali 23 ks, což představuje značnou část plochy ve strojovně, kde je potřeba umístit více technologií, než jen vzduchotechnickou jednotku.

4. Porovnání a výběr jednotky

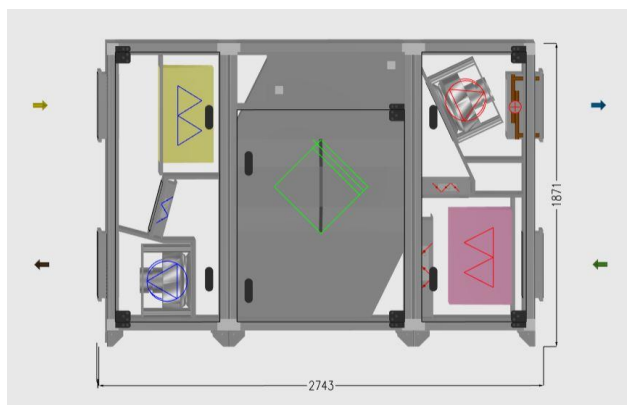
V rámci mého projektu jsem vybíral mezi rekuperačními jednotkami od společnosti Systemair.

- 1) Kompaktní jednotka TOPVEX TR09 HWH-L-CAV s rotačním regeneračním výměníkem.



Obr. 22 TOPVEX TR09 HWH-L-CAV

- 2) Kompaktní jednotka TOPVEX SC08-HW-L-CAV s protiproudým deskovým rekuperátorem.



Obr. 23 TOPVEX SC08 HW-L-CAV

4.1. Porovnání potřebného množství tepla pro vodní ohřev

Obecně			
Topné médium	Voda	Typ výměníku	HW/H
Výsledky			
Typ výměníku	6.30.CU.10.AL.14.02.0860.20.W.X.X.004.028. R 1/2" L		
Zima Léto			
Výpočtová data			
Aktivace výměníku	<input checked="" type="checkbox"/>	Výpočet dle:	Výstupní teplota vzduchu
Vstupní teplota vody	80,0 °C	Výstupní teplota vzduchu	20,0 °C
PREFERENCE			
Vstupní teplota vzduchu		Zadání vlhkosti dle:	Absolutní vlhkost
Absolutní vlhkost		Průtok vzduchu	
Výsledky			
Průtok vzduchu	3 625 m³/h	Tlaková ztráta kapaliny	0,71 kPa
Rychlost vody	0,1 m/s	Tlaková tráta	54 Pa
Vstupní teplota vzduchu	12,7 °C	Výstupní teplota vzduchu	20,0 °C
Výkon	10 226 W	Výstupní teplota kapaliny	21,7 °C
Průtok kapaliny	133,1 l/h		

Obr. 24 Potřebné množství tepla pro vodní ohřev při použití rotačního regeneračního rekuperátoru

Obecné

Topné médium: Typ výměníku:

Výsledky

Typ výměníku: 6.30.CU.18.AL.20.01.0649.16.V.X.X.004.020.
R 1/2" L

Zima Léto

Výpočtová data

Aktivace výměníku: ☒ Výpočet dle:

Vstupní teplota vody: °C Výstupní teplota vzduchu: °C

PREFERENCE

Vstupní teplota vzduchu: °C Zadání vlhkosti dle:

Absolutní vlhkost: g/kg Průtok vzduchu: m³/h

Výsledky

Průtok vzduchu	3 625 m³/h	Tlaková ztráta kapaliny	0,22 kPa
Rychlost vody	0,1 m/s	Tlaková tráta	30 Pa
Vstupní teplota vzduchu	16,3 °C	Výstupní teplota vzduchu	20,1 °C
Výkon	5 270 W	Výstupní teplota kapaliny	33,0 °C
Průtok kapaliny	85,2 l/h		

Obr. 25 Potřebné množství tepla pro vodní ohřev při použití deskového rekuperátoru

4.2. Porovnání zpětného získání tepla z odpadního vzduchu

<u>Zima</u> <u>Léto</u>			
Výsledky			
Teplotní účinnost	79,2 %	Suchá účinnost dle EN308	79 %
Vlhkostní účinnost	70,1 %	Přenesený výkon	33 939 W
Tlaková ztráta, přívod	198 Pa	Tlaková ztráta, odvod	219 Pa
Teplota venkovního vzduchu	-15,0 °C	Teplota odváděného vzduchu	20,0 °C
Teplota výstupního vzduchu, přívod	12,7 °C	Teplota výstupního vzduchu, odvod	-4,9 °C
Vlhkost venkovního vzduchu	90 %	Vlhkost odvodního vzduchu	40 %
Vlhkost výstupního vzduchu, přívod	48 %	Vlhkost výstupního vzduchu, odvod	100 %

Obr. 26 Vypočtené parametry rotačního regeneračního výměníku

Vstupní data			
Typ	GS 45 500		
<div>ZimaLéto</div>			
Výsledky			
Teplotní účinnost	89,5 %	Suchá účinnost dle EN308	82 %
Tlaková ztráta na přívodu	160 Pa	Tlaková ztráta na odvodu	243 Pa
Celkem	38 113 W	Množství kondenzátu	13,45 kg/h
Teplota výstupního vzduchu, přívod	16,3 °C	Teplota odváděného vzduchu	20,0 °C
Teplota venkovního vzduchu	-15,0 °C	Teplota výstupního vzduchu, odvod	-1,4 °C
Vlhkost výstupního vzduchu, přívod	8 %	Vlhkost odvodního vzduchu	40 %
Vlhkost venkovního vzduchu	90 %	Vlhkost výstupního vzduchu, odvod	88 %

Obr. 27 Vypočtené parametry deskového rekuperátoru

Z výše uvedených tabulek je lze vyčíst řádově vyšší účinnost deskového rekuperátoru oproti rotačnímu regeneračnímu výměníku.

Rotační rekuperační výměník má ale dle mého názoru tři hlavní výhody.

1. Rotační regenerační výměník nepotřebuje odvod kondenzátu, který v tomto případě činí 13,45 kg/h, tedy nutno ve strojovně vytvořit zvlášť odvod kondenzátu.
2. Při použití jednotky s deskovým rekuperátorem bude ve výtlačném potrubí přívodního vzduchu nutno nainstalovat zvlhčovač vzduchu s odlučovačem kapek, aby vzduch, proudící do haly byl v mezi vlhkosti 50-70%.
3. Důležitým aspektem pro návrh vzduchotechnických jednotek je potřebný prostor pro umístění jednotky. V tomto porovnání je jednotka s rotačním regeneračním výměníkem o cca 1/3 kratší než jednotka s deskovým rekuperačním výměníkem. Potřebný volný prostor u jednotky s deskovým rekuperačním výměníkem ještě nebude konečný, protože je nutno počítat s napojením potrubí v horizontálním směru. Připojovací rozměr u této jednotky je 600 mm x 400 mm. Celková potřebná délka tedy činí skoro 6m! Jednotka s rotačním rekuperačním výměníkem má napojovací hrdla ve svislém směru, není tedy třeba tolik místa v okolí jednotky.

4.3. Celkové porovnání parametrů jednotek

Výsledky			
Celková hmotnost	488 kg	Energetická třída	C
Ekodesign			
Kategorie jednotky	NRVU	Typ jednotky	BVU
Typ pohonu	Integrovaný VSD	Typ rekuperace	Regenerační
Tepelná účinnost rekuperace	80 %	qv nom	3 222 m³/h
P nom	1 610 W	SFP int	1 051 W/(m³/s)
Průřezová rychlost	2,51 m/s	Ps nom	200 Pa
Ps int. Přívod	310 Pa	Ps int. Odvod	270 Pa
Účinnost přívodního ventilátoru	55,3 %	Účinnost odvodního ventilátoru	55,2 %
Vnější netěsnost	2 %	Vnitřní netěsnost	3 %
Splňuje Ecodesign 2018	✓	Energetická náročnost, filtry	2 350 W
Hladina akustického výkonu LWA	62 dB (A)		
Výsledky			
Celková hmotnost	578 kg	Energetická třída	A
Ekodesign			
Kategorie jednotky	NRVU	Typ jednotky	BVU
Typ pohonu	Integrovaný VSD	Typ rekuperace	Rekuperační
Tepelná účinnost rekuperace	80 %	qv nom	2 880 m³/h
P nom	1 242 W	SFP int	946 W/(m³/s)
Průřezová rychlost	1,36 m/s	Ps nom	200 Pa
Ps int. Přívod	330 Pa	Ps int. Odvod	271 Pa
Účinnost přívodního ventilátoru	65,3 %	Účinnost odvodního ventilátoru	61,5 %
Vnější netěsnost	2 %	Vnitřní netěsnost	1 %
Splňuje Ecodesign 2018	✓	Energetická náročnost, filtry	1 687 W
Hladina akustického výkonu LWA	55 dB (A)		

Obr. 28 Celkové porovnání výsledků návrhu jednotek

5. Požadavky na připravenost stavby

Součástí každé technické zprávy musí být požadavky na úpravu stavebního projektu dle požadavků projektantů.

5.1. Stavební část

- Provést prostupy přes stavební konstrukce.
- Po montáži VZT dozdít a začistit prostupy okolo VZT potrubí

- Potrubí v některých místnostech budou kryta podhledy. Podhledy montovat až po montáži VZT rozvodů.
- Zajistit dodávku hranolových rámců pro usazení střešních ventilátorů.

5.2. Elektroinstalace

Všechny elektrospotřebiče napojit na napěťovou soustavu 3NPE~50Hz.400V/TN-S. Zajistit požadované ovládání, ochranu před nebezpečným dotykem a bleskem ve smyslu příslušných ČSN.

5.3. Protipožární opatření

Potrubí VZT procházející rozhraním samostatných požárních úseků budou opatřena požární izolací splňující požadavky EI 30DP1 s požární odolností 30 min.

5.4. Intenzita hluku, protihluková a proti-vibrační opatření

V potrubích VZT před a za jednotkou a u ventilátorů budou osazeny tlumiče hluku, aby se zabránilo šíření hluku do větraných místností a do venkovního prostoru.

5.5. Pokyny pro montáž

Montáž provést dle průvodní dokumentace dodávané s jednotlivými výrobky

U šroubových spojů přírubových spojení potrubí používat vějířovité podložky, aby bylo dosaženo vodivého spojení. Rozteč závěsů a podpěr potrubí max. 3m.

6. Závěr bakalářské práce

Hlavním cílem této práce byl návrh větrání sportovní haly. Bylo zapotřebí vypočítat minimální množství přívodního a odvodního vzduchu, tlakovou ztrátu a také potřebné množství tepla. Výpočtem těchto dat jsem stanovil velikost vzduchotechnické jednotky.

V celkovém porovnání se z energetického hlediska dá říci, že účinnost obou jednotek je stejná 80%, avšak liší se v účinnosti zpětného získávání tepla. Rotační regenerační výměník dokáže získat při daném množství vzduchu a tlakové ztrátě cca 34 kW tepla, zatímco deskový cca 38 kW tepla. Zbývající potřebné teplo zajišťuje vodním ohřevem.

Využíváním zpětného tepla dokážeme ušetřit až 80% potřebného tepla pro ohřev zadaného množství přívodního vzduchu. Použitím jednotky se zpětným využitím tepla se snižují provozní náklady budovy, avšak počáteční investice při pořízení jednotky není malá.

Vzhledem k dispozicím stavby a možnostem umístění jednotky v technické místnosti jsem použil vzduchotechnickou jednotku s rotačním regeneračním výměníkem.

7. Poděkování

Děkuji tímto p. doc. Ing. Zdenku Kadlecovi, Ph.D. za cenné rady a pomoc při vypracování bakalářské práci.

Děkuji také p. Ing. Rudolfu Fischerovi a p. Mariánu Musiolkovi za odbornou pomoc při vypracovávání technických detailů této bakalářské práci.

8. Seznam použité literatury

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přepracované. Brno: BOLIT-B Press, 1993. Česká matice technická, č. spisu 457, roč. 48 (1993). ISBN 80-901574-0-8.

CIHELKA, Jaromír. *Vytápění, větrání a klimatizace*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985.

GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna. ISBN 80-7366-027-X.

CIHLÁŘ, Jiří. *Technická zařízení budov: C - vzduchotechnika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1995. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-85867-67-2. Skripta. Vysoké učení technické v Brně.

SystemAir. *SystemAir* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska>

TZB-Info. *TZB-Info* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: www.TZBinfo.cz

TZB-Info. *TZB-Info* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>

Zpětné získávání tepla. *TZB-Info* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

Výhody a nevýhody rekuperace tepla. *Zpětné získávání tepla* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.alfahaus.cz/aktualne/vyhody-a-nevyhody-rekuperace>

Servopohony [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.belimo.cz/>

Greif: tlumiče hluku. *Http://www.greif.cz/uvodni-strana.html* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://www.greif.cz/uvodni-strana.html>

ČESKO. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2019 [cit. 23. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

ČESKO. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2019 [cit. 23. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>

Soubor právních předpisů k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení. 6., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2012. Bezpečnost práce v praxi. ISBN 978-80-7357-727-8.

ČSN 73 0802 (730802) A Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

ČSN 73 4108 (734108) A Hygienická zařízení a šatny. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

ČSN 12 7010 (127010) A Vzduchotechnická zařízení - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení - Obecná ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

9. Seznam obrázků

Obr. 2 Třídy filtrů	9
Obr. 3 Schéma rekuperačního výměníku.....	11
Obr. 4 Schéma regeneračního výměníku	11
Obr. 5 Schéma dvojitého rotačního výměníku	12
Obr. 6 Schéma směšovacího výměníku	13
Obr. 7 Vodní ohřívač vzduchu.....	14
Obr. 8 Elektrický ohřívač vzduchu	14
Obr. 9 Regulační klapky	16
Obr. 10 Uzavírací klapky.....	16
Obr. 11 Požární klapky	17
Obr. 12 Přetlaková klapka	18
Obr. 13 Kruhový tlumič hluku do kruhového potrubí	18
Obr. 14 Buňkový tlumič hluku	19
Obr. 15 Správné uspořádání buňkových tlumičů hluku v potrubí.....	20
Obr. 16 Kulisový tlumič hluku	20
Obr. 17 Doporučené uspořádání kulis v potrubí.....	20
Obr. 18 Servopohon pro ovládání vzduchotechnických prvků.....	23
Obr. 19 Teplotní čidlo v provedení instalace do potrubí	25
Obr. 20 Teplotní čidlo v nástěnném provedení.....	26

Obr. 21 Tlaková ztráta třením kruhovém potrubí	33
Obr. 22 Schéma protiproudého výměníku	34
Obr. 23 TOPVEX TR09 HWH-L-CAV	35
Obr. 24 TOPVEX SC08 HW-L-CAV	36
Obr. 25 Potřebné množství tepla pro vodní ohřev při použití rotačního regeneračního rekuperátoru	36
Obr. 26 Potřebné množství tepla pro vodní ohřev při použití deskového rekuperátoru	37
Obr. 27 Vypočtené parametry rotačního regeneračního výměníku	37
Obr. 28 Vypočtené parametry deskového rekuperátoru	38
Obr. 29 Celkové porovnání výsledků návrhu jednotek	39

10. Seznam tabulek

Tab. 1 Tloušťka stěn VZT potrubí skupiny I	21
Tab. 2 Tloušťky stěn VZT potrubí skupiny II	22
Tab. 3 Tloušťka stěn VZT potrubí skupiny III	23

11. Seznam příloh

PŘÍLOHA A

Výkres

PŘÍLOHA D

CD obsahující:

- Bakalářská práce (formát .pdf)
- Výkresy (formát .pdf)